

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

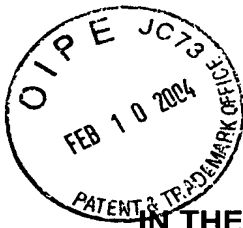
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



520.43119X00

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Applicant(s): M. KURITA, et al.

Serial No.: 10/659,372

Filed: September 11, 2003

Title: MAGNETIC HEAD SLIDER AND MAGNETIC DISK APPARATUS

**LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

February 10, 2004

Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicant(s) hereby  
claim(s) the right of priority based on:

**Japanese Patent Application No. 2003-205235  
Filed: August 1, 2003**

A certified copy of said Japanese Patent Application is attached.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP

Melvin Kraus

Registration No.: 22,466

MK/rr  
Attachment

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年   8 月   1 日  
Date of Application:

出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 2 0 5 2 3 5  
Application Number:  
[ST. 10/C] :            [ J P 2 0 0 3 - 2 0 5 2 3 5 ]

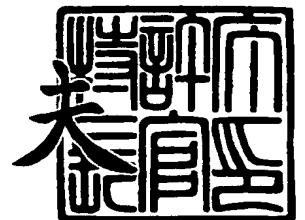
出   願   人            株式会社日立グローバルストレージテクノロジーズ  
Applicant(s):



2 0 0 3 年 1 0 月   3 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願  
【整理番号】 1503002491  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G11B 5/56

## 【発明者】

【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町 5 0 2 番地 株式会社 日立製作所  
機械研究所内

【氏名】 栗田 昌幸

## 【発明者】

【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町 5 0 2 番地 株式会社 日立製作所  
機械研究所内

【氏名】 白松 利也

## 【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立グ  
ローバルストレージテクノロジーズ内

【氏名】 田中 秀明

## 【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立グ  
ローバルストレージテクノロジーズ内

【氏名】 米川 直

## 【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立グ  
ローバルストレージテクノロジーズ内

【氏名】 三宅 晃司

## 【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立グ  
ローバルストレージテクノロジーズ内

【氏名】 小平 英一

**【発明者】**

**【住所又は居所】** 茨城県土浦市神立町 5 0 2 番地 株式会社 日立製作所  
機械研究所内

**【氏名】** 徳山 幹夫

**【特許出願人】**

**【識別番号】** 503136004

**【氏名又は名称】** 株式会社日立グローバルストレージテクノロジーズ

**【代理人】**

**【識別番号】** 100075096

**【弁理士】**

**【氏名又は名称】** 作田 康夫

**【提出物件の目録】**

**【物件名】** 明細書 1

**【物件名】** 図面 1

**【物件名】** 要約書 1

**【ブルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気ヘッドスライダおよび磁気ディスク装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁気ディスクに情報を記録するための記録素子と、磁気ディスクから情報の再生を行うための再生素子と、前記記録素子及び再生素子を搭載して磁気ディスクと対向するように配置されて使用されるスライダと、前記スライダに設けられて少なくとも前記再生素子の近傍を熱膨張させる発熱部とを備えた磁気ヘッドスライダにおいて、

前記発熱部における前記スライダの磁気ディスクに対向する面側の端部が、少なくとも前記再生素子における前記スライダの磁気ディスクに対向する面側の端部よりも奥側に位置するように、前記発熱部と前記再生素子とを配置したことを特徴とする磁気ヘッドスライダ。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の磁気ヘッドスライダにおいて、前記記録素子と前記再生素子とが一つの素子で構成されたことを特徴とする磁気ヘッドスライダ。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の磁気ヘッドスライダにおいて、前記記録ヘッドと前記再生ヘッドとは基板上に薄膜を積層することによって形成され、基板の法線方向すなわち薄膜積層方向に、前記発熱部が前記記録素子及び再生素子に対して前記基板側に位置するように配置し、前記薄膜積層方向に関して前記発熱部の片側あるいは両側に前記発熱部によって熱膨張させられる金属膜を有することを特徴とする磁気ヘッドスライダ。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の磁気ヘッドスライダにおいて、前記記録ヘッドと前記再生ヘッドとは基板上に薄膜を積層することによって形成され、基板の法線方向すなわち薄膜積層方向に、前記発熱部が前記記録素子及び再生素子に対して前記基板側に位置するように配置し、前記薄膜積層方向に関して前記発熱部と前記基板との間に樹脂材料からなる層を設けたことを特徴とする磁気ヘッドスライダ。

**【請求項 5】**

請求項 1 に記載の磁気ヘッドスライダにおいて、前記発熱部と前記スライダの磁気ディスクに対向する面との距離が  $10\ \mu\text{m}$  以上  $50\ \mu\text{m}$  以下であることを特徴とする磁気ヘッドスライダ、

**【請求項 6】**

請求項 1 に記載の磁気ヘッドスライダにおいて、前記再生素子は磁気抵抗素子を用いた再生素子であって、前記スライダの磁気ディスクに対向する面の法線方向における前記磁気抵抗素子の寸法に対し、前記発熱部と前記スライダの磁気ディスクに対向する面との距離が 60 倍以上 300 倍以下であることを特徴とする磁気ヘッドスライダ。

**【請求項 7】**

請求項 6 又は 7 に記載の磁気ヘッドスライダにおいて、前記スライダの磁気ディスクに対向する面が空気軸受面を構成することを特徴とする磁気ヘッドスライダ。

**【請求項 8】**

請求項 1 に記載の磁気ヘッドスライダにおいて、前記発熱部が金属薄膜抵抗体で構成され、その抵抗値が  $20\ \Omega$  以上  $125\ \Omega$  以下であることを特徴とする磁気ヘッドスライダ。

**【請求項 9】**

磁気ディスクと、前記磁気ディスクに情報を記録するための記録素子と、前記磁気ディスクから情報の再生を行うための再生素子と、前記記録素子及び再生素子を搭載して磁気ディスクと対向するように配置されて使用されるスライダと、前記スライダに設けられて少なくとも前記再生素子の近傍を熱膨張させる発熱部とを備えた磁気ディスク装置において、

前記発熱部における前記スライダの前記磁気ディスクに対向する面側の端部が、少なくとも前記再生素子における前記スライダの前記磁気ディスクに対向する面側の端部よりも奥側に位置するように、前記発熱部と前記再生素子とを配置したことを特徴とする磁気ディスク装置。

**【発明の詳細な説明】**

**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、磁気ディスク装置に用いられ、磁気ディスクと磁気ヘッドとの距離を調整する機能を持ったスライダに関する。

**【0002】****【従来の技術】**

従来、基板上に、下部磁極と、絶縁体層を介して絶縁されて形成された薄膜コイルと、上部磁極と、保護層とが順次形成された薄膜磁気ヘッド素子を有する磁気ヘッドにおいて、通電して発熱させることにより磁極先端部を熱膨張させて突出させるようにした薄膜抵抗体を前記絶縁体層の内部に形成した磁気ヘッドがある（例えば、特許文献1参照。）。

**【特許文献1】**

特開平5-20635号公報（第2頁、図1）

**【0003】****【発明が解決しようとする課題】**

記録に用いられる記録素子又は再生に用いられる生素子、或いは記録と再生の両方を行う記録生素子（以下、これらをまとめて記録／生素子という）は熱負荷に弱いものがある。例えば、現在主流となっている磁気抵抗効果（MR効果）を利用した生素子は熱負荷に弱く、高温に晒される時間が長いと寿命が短くなるという問題がある。上記従来技術のような熱アクチュエータにおいて、電力を変形量に変換する効率を最大化しようとする、加熱装置は記録生素子のごく近傍で、空気軸受面（以後浮上面と称する）の近くに置くのが最適である。しかし、記録／生素子の近傍に加熱装置を配すると、加熱によって記録／生素子の寿命を低減してしまう恐れがある。

**【0004】**

また熱アクチュエータでは、平衡状態に達した後浮上量を保持するために、熱アクチュエータに電力を供給しつづける必要がある。このため電力を変形量に変換する効率の良い熱アクチュエータを開発し、消費電力を低減する必要がある。特に携帯用機器に搭載される磁気ディスク装置では厳しい消費電力の制限があり



、大きな課題となり得る。

#### 【0005】

本発明の目的は、熱アクチュエータが記録／再生素子に与える熱負荷を小さくすることにある。さらに本発明の目的は、熱アクチュエータにおいて電力を変形量に変換する効率を良くして、消費電力を低減することにある。

#### 【0006】

##### 【課題を解決するための手段】

記録や再生に係る素子への熱負荷を小さくするために、加熱装置（又は発熱部）を、浮上面（磁気ディスクと対向する面）側からみて、その端部が記録／再生素子或いは少なくとも再生素子の浮上面側端部よりも奥側に位置するようにする。

#### 【0007】

また熱アクチュエータにおいて電力を変形量に変換する効率を良くするためには、加熱装置（又は発熱部）および記録／再生素子の近傍だけを突出変形させることが好ましい。このため、剛性の小さい膜或いは層（以下、低剛性膜という）で加熱装置（又は発熱部）および記録／再生素子の周囲を囲むことにより、周囲の材料が変形に抵抗する力を遮断するとよい。加熱装置（又は発熱部）および記録／再生素子の周囲を囲む膜或いは層としては、例えば樹脂からなる膜或いは層を設けると良い。

#### 【0008】

低剛性膜が無いと、記録／再生素子はスライド基板部分と剛に近い状態で接続されており、記録／再生素子を一定量突出させるためには、剛性の大きい基板部分も一緒に突出変形させる、大きなエネルギーが必要である。記録／再生素子と基板との間に設けられた低剛性膜は記録／再生素子と基板との間を柔に接続する。従って低剛性膜を設けることによって、記録／再生素子を基板側に対して突出させるために要するエネルギーを小さくできる。エネルギーを小さくできると、加熱装置の発熱量が小さくなり、記録／再生素子にかかる熱負荷も小さくなる。

#### 【0009】

低剛性膜を設ける代わりに、加熱装置と空気軸受面との距離を  $10\ \mu\text{m}$  以上  $50$

$\mu\text{m}$ 以下とすることによって、熱アクチュエータが記録／再生素子に与える熱負荷を小さくすることができると共に、熱アクチュエータにおいて電力を変形量に変換する効率を良くすることができる。

#### 【0010】

##### 【発明の実施の形態】

本発明の実施形態に係わる磁気ヘッドスライダおよびこれを用いた磁気ディスク装置について、図面を用いて以下説明する。

#### 【0011】

##### (装置全体)

本発明の一実施例による磁気ディスク装置の概略構成を図1に示す。

磁気ディスク装置は、磁気情報が格納されスピンドルモータによって回転する磁気ディスク10と、記録再生素子を搭載しロードビーム15によって支持および径方向位置決めされた磁気ヘッドスライダ（単にスライダとも呼ぶ）1を有し、スライダが相対的に磁気ディスク10上を走行して磁気ディスク上に記録された磁気情報を読み書きする。前記スライダは空気潤滑軸受として空気のくさび膜効果によって浮上し、磁気ディスクとスライダが直接は固体接触しないようになっている。磁気ディスク装置の高記録密度化と、それによる装置の大容量化あるいは小型化を実現するためには、スライダ1と磁気ディスク10の距離、すなわちスライダ浮上量を縮め、線記録密度を上げることが有効である。近年、スライダ浮上量は10nm程度あるいは10nm以下まで縮められている。

#### 【0012】

スライダ1は、板ばね状のロードビーム15に取り付けられており、ロードビームによって磁気ディスク面への押し付け荷重を与えられ、ロードビーム15とともにボイスコイルモータ16によって磁気ディスク10の径方向にシーク動作し、磁気ディスク面全体で記録再生を行う。磁気ヘッドスライダ1は、装置の停止時あるいは読み書き命令が一定時間無い時に、磁気ディスク10上からランプ14上に待避する。

#### 【0013】

なお、ここではロード・アンロード機構を備えた装置を示したが、装置停止中

は磁気ヘッドスライダ 1 が磁気ディスク 10 のある特定の領域で待機するコンタクト・スタート・ストップ方式の磁気ディスク装置でも本発明の効果は同様に得られる。

#### 【0014】

(スライダ)

図 1 におけるスライダのみを拡大して図 2 に示す。

スライダ 1 は、アルミナとチタンカーバイドの焼結体（以後アルチックと略す）に代表される材料の基板（ウエハ）部分 1 a と、基板上に薄膜プロセスで記録素子 2、再生素子 3 やそれらに対する配線パターンなどが形成され、アルミナなどの硬質保護膜 5 で覆われた薄膜ヘッド部分 1 b から成る。ウエハ状態で薄膜ヘッド部分 1 b を基板 1 a 上に積層した後に、ウエハをバー状態に切断し、切断面を研磨して平滑に仕上げる。スライダ 1 は例えば長さ 1.25 mm、幅 1.0 mm、厚さ 0.3 mm のほぼ直方体形状をしており、浮上面 8、空気流入端面 11、空気流出端面 12、両側の側面、背面の計 6 面から構成されるが、スライダ寸法が更に小さくても本発明の効果は同様である。浮上面 8 にはイオンミリングやエッチングなどのプロセスによって微細な段差（ステップ軸受）が設けられており、図示されていないディスクと対向して空気圧力を発生し、背面に負荷される荷重を支える空気軸受の役目を果たしている。

#### 【0015】

浮上面 8 には前記のように段差が設けられ、実質的に平行な 3 種類の面に分類される。最もディスクに近いレール面 8 a、レール面より約 100 nm 乃至 200 nm 深いステップ軸受面である浅溝面 8 b、レール面より約 1  $\mu$ m 深くなっている深溝面 8 c の 3 種類である。ディスクが回転することで生じる空気流が、ステップ軸受である浅溝面 8 b からレール面である 8 a へ進入する際に、先ずばまりの流路によって圧縮され、正の空気圧力を生じる。一方、レール面 8 a や浅溝面 8 b から深溝面 8 c へ空気流が進入する際には流路の拡大によって、負の空気圧力が生じる。なお、図 2 は概念を示したものであり、寸法関係は正確ではない。ステップ高さは強調して示してある。

#### 【0016】

磁気ヘッドスライダ 1 は空気流入端 11 側の浮上量が空気流出端側 12 の浮上量より大きくなるような姿勢で浮上するように設計されている。従って流出端近傍の浮上面がディスクに最も接近する。流出端近傍では、レール面 8a が周囲の浅溝面 8b、深溝面 8c に対して突出しているので、スライダピッチ姿勢およびロール姿勢が一定限度を超えて傾かない限り、レール面 8a が最もディスクに近づくことになる。記録素子 2 および再生素子 3 は、レール面 8a の薄膜ヘッド部分 1b に属する部分に形成されている。ロードビームから押し付けられる荷重と、浮上面 8 で生じる正負の空気圧力とがうまくバランスし、記録素子 2 および記録再生素子 3 からディスクまでの距離を 10 nm 程度の適切な値に保つよう、浮上面 8 の形状が設計されている。

#### 【0017】

なお、ここでは浮上面 8 が実質的に平行な 3 種類の面 8a、8b、8c から形成される、二段ステップ軸受浮上面のスライダについて説明したが、4 種類以上の平行な面から形成されるステップ軸受浮上面のスライダでも本発明は同様の効果が得られる。

#### 【0018】

(薄膜ヘッド)

図 2 に示したスライダの、記録再生素子が形成された薄膜ヘッド部分 1b の断面拡大図を図 3 に示す。

磁気情報を読み書きする磁気ヘッドは、コイルを流れる電流で磁極間に磁界を発生して磁気情報を記録するインダクティブ記録素子 2 と、磁界によって抵抗値が変化するのを測る磁気抵抗型の再生素子 3 から成る。具体的には、アルチック基板 1a 上に、メッキ、スパッタ、研磨などの薄膜プロセスを用いて形成された、磁気抵抗素子、磁気シールド、磁極、ライトコイル、絶縁膜および保護膜 5 などによって構成されている。浮上面 8 にはステップ軸受が形成されており、浮上面で最もディスク 10 と接触する可能性の高いレール面上にはディスクとの短時間かつ軽微な接触が起こっても摩耗しないよう、また記録素子 2 および再生素子 3 の腐食を防ぐため、厚さ数 nm の炭素保護膜が形成されている。

#### 【0019】

(マイクロヒータ)

記録再生素子の近傍には、薄膜で形成された抵抗体による加熱装置 4 が薄膜プロセスを用いて形成されている。薄膜抵抗体として本実施例では、材質がパーマロイ、厚さが 0.5 mm、幅が 3  $\mu$ m の細線を、奥行き 60  $\mu$ m、幅 60  $\mu$ m の領域に蛇行させ、間隙はアルミナで埋めて発熱体を形成した。抵抗値は約 50  $\Omega$  である。加熱装置 4 を、流出端側から見た図 (図 3 の Y-Y 断面図) を図 12 に示す。

### 【0020】

(最適抵抗値)

加熱装置 4 を構成する薄膜抵抗体の抵抗値は 20  $\Omega$  以上 125  $\Omega$  以下が適当である。その理由を以下に示す。熱膨張突出を制御するためには発熱量をコントロールする必要がある、ある一定の発熱量を得たい場合に、抵抗値が大きいと電流を小さく、電圧を大きくしなければならない。現状の磁気ディスクで各ヘッドに供給できる電圧は最大 2.5 V であるから、最大 0.05 W の発熱を得たければ抵抗値を 125  $\Omega$  以下にする必要がある。また、ある一定の発熱量を得たい場合に、抵抗値が小さいと電流を大きく、電圧を小さくしなければならない。現状の磁気ディスクで各ヘッドに供給できる電流は最大 0.05 A であるから、最大 0.05 W の発熱を得たければ抵抗値を 20  $\Omega$  以上にする必要がある。最大 0.05 W の発熱が必要な理由については後述する。

### 【0021】

(樹脂膜の効果)

図 3 における X-X 断面図を図 4 に示す。

従来の技術に対する本実施例の特徴は、下部樹脂膜 6 a、上部樹脂膜 6 b、および側部樹脂膜 6 c の存在である。加熱装置 4 の上下左右 (浮上方向以外) が樹脂膜で完全に囲まれている。また、記録素子 2 および再生素子 3 の上下左右 (浮上方向以外) も、浮上面 8 に近い部分を除いてほぼ樹脂膜で囲まれている。発熱体に通電すると、樹脂膜が断熱して膨張させたい部分のみを集中的に暖めるとともに、樹脂は柔らかいので変形を周囲に伝えないため、素子部突出が増大する。言い換えれば、変形させたいところ、すなわち加熱装置 4 および記録再生素子の

近傍だけを突出変形させるため、剛性の小さい樹脂膜で加熱装置および記録再生素子の周囲を囲み、周囲の材料が変形に抵抗する力を遮断するしくみである。突出した形状 S 2 を図 3 に破線で示す。一方樹脂膜が無い場合は、記録再生素子 2、3 はスライド基板部分 1 a と剛に近い状態で接続されており、記録再生素子 2、3 を一定量突出させるためには、剛性の大きい基板部分 1 a も一緒に突出変形させるだけの、大きなエネルギーが必要となる。

#### 【0022】

また、樹脂膜はスライド長手方向（流入端から流出端或いはその逆に向かう方向）および幅方向（長手方向と直交する方向）に関しては変形を拘束しない役割を果たしているが、スライド厚さ方向、すなわち浮上方向にはいかなる部分も樹脂膜で遮られていないため、加熱装置 4 の位置が記録再生素子 2、3 から浮上方向にある程度離れていても、加熱装置 4 の周囲材料の熱膨張が記録再生素子 2、3 の位置まで十分に伝わる。したがって加熱装置 4 の位置を記録再生素子 2、3 から離すことができ、記録再生素子 2、3 にかかる熱負荷を小さくすることができる。

#### 【0023】

なお、図 3 は概念図であり、寸法関係は正確ではない。突出形状 S 2 は、本来ナノメートルオーダの突出量を、強調して示してある。

#### 【0024】

本発明による樹脂膜、特に記録再生素子 2、3 および加熱装置 4 と基板 1 a の間に配された樹脂膜 6 a は、記録再生素子 2、3 と基板 1 a との間を柔に接続する役目を果たしており、記録再生素子を一定量突出させるために要するエネルギーが小さくて済むようにしている。このため、加熱装置の発熱量が小さくて済み、再生素子にかかる熱負荷を小さくできる。6 a 以外の樹脂膜 6 b、6 c も素子部突出を増大させる効果があるものの、6 b あるいは 6 c のどちらかを、あるいは両方を省いて 6 a だけを設置しても、本発明は一定の効果が得られる。従って、本実施例の効果をを得るためには、下部樹脂膜 6 a が最低限必要で、上部樹脂膜 6 b あるいは側部樹脂膜 6 c があればより好ましい。

#### 【0025】

図3および図4では、下部樹脂膜6aが直接スライド基板部分1aに接しているが、下部樹脂膜6aとスライド基板部分1aの間にアルミナ層があっても良い。

#### 【0026】

(浮上面に樹脂は露出させない)

浮上面8に近い部分は樹脂膜で囲まず、アルミナ保護膜5のままにした理由は、浮上面はディスクと接触する可能性があるので、炭素保護膜の下の母材材料としても、摩擦、摩耗特性が炭素(ダイヤモンドライクカーボン)並に優れたアルミナを使うのが望ましく、硬度の劣る樹脂を浮上面に用いるのは望ましくないことである。

#### 【0027】

(突出量データ)

図5に変形シミュレーションの結果を示す。横軸は流出端面12からの距離(長手方向位置)、縦軸は浮上面の突出量、曲線C1は樹脂膜6a、6b、6cが無い場合の変形状、曲線C2およびC3は樹脂膜6a、6b、6cがある場合の変形状をそれぞれ示す。C2とC3では浮上面8から樹脂膜6a、6b、6cまでの距離が異なる。C2では $3.5\mu\text{m}$ 、C3では $0.7\mu\text{m}$ とした。加熱装置4の発熱量は $0.05\text{W}$ 、樹脂膜6aは $5\mu\text{m}$ 、樹脂膜6bの厚さは $1.2\mu\text{m}$ 、樹脂膜6cの厚さは $5\mu\text{m}$ とした。幅方向に関してはスライド中心断面での値をプロットした。再生素子2があるのは、流出端からの距離が $40\mu\text{m}$ の位置である。

#### 【0028】

樹脂膜が有る場合の曲線C2は樹脂膜が無い場合の曲線C1に比べて、再生素子位置(流出端から $40\mu\text{m}$ )における変形量が、約 $11\text{nm}$ から約 $15\text{nm}$ へ、 $1.4$ 倍増加する。更に浮上面から樹脂膜までの距離を縮めた場合の曲線C3では、再生素子位置における変形量が約 $16\text{nm}$ に達する。このように、樹脂膜によって素子部突出を増大させる効果が確認された。

#### 【0029】

(浮上量変化)

更に、薄膜気体潤滑シミュレーションによって、樹脂膜 6 a、6 b、6 c の有無が、再生素子位置における加熱前後の浮上量変化に及ぼす影響を調べた。加熱装置 4 への 0.05 W 加熱前後における浮上変化量が、樹脂膜が無い場合は 2.4 nm であったものが、樹脂膜が有る場合は 5.0 nm まで増加する。樹脂膜の有無によって浮上変化量が 2 倍以上変わる原因は以下のように考えられる。樹脂膜が無い場合は突出形状がなだらかであるために、突出によって新たに生じる空気圧力が大きく、スライダの姿勢角（ピッチ角）が変化してしまうので、突出量がすべては浮上変化量に変換されない。樹脂膜がある場合は突出形状が急峻であるために、突出によって新たに生じる空気圧力が小さく、スライダ全体の姿勢角がほとんど変わらないので、突出量の大部分が浮上変化量に変換される。以上の結果より、本発明の構造により、同一の発熱量における浮上変化量が 2 倍に増大し、逆に望みの浮上変化量を得るのに必要な消費電力は半分に低減される。

#### 【0030】

（0.05 W の発熱が必要な理由）

加熱装置の目的は、熱膨張変形によって記録再生素子と磁気ディスク間のスペーシングを調整し、前記浮上量マージンを無用化することである。近年、浮上量マージンは 5 nm 程度で設計されているため、浮上量の変化量は最大 5 nm あれば十分である。前述したシミュレーション結果によれば、5 nm 浮上変化させるためには最大 0.05 W の熱を薄膜抵抗体が発すればよい。

#### 【0031】

（MR 温度上昇について）

加熱装置 4 が 0.05 W 発熱した場合の再生素子 3 の位置における温度上昇は、約 5.5℃ である。磁気抵抗効果（MR 効果）を利用した再生素子は熱負荷に弱く、高温に晒される時間が長いと寿命が短くなるという特徴があるが、5℃程度の温度上昇であれば、問題なく使用できる。樹脂膜 6 a 等を導入しないと、消費電力が大きいことに目をつぶって望みの浮上変化量を得るか、再生素子の寿命悪化に目をつぶって望みの浮上変化量を得るしかない。本発明によれば、消費電力および信頼性の要求を満たしたままで、浮上変化量を増やすことができる。

#### 【0032】



(別実施例：膨張体設置)

図 6 は、加熱装置 4 の近傍に、熱膨張することを目的とする膨張体 7 を設置した、本発明の別構造実施例である。加熱装置 4 の近傍が最も温度が上がるので、アルミナ保護膜 5 よりも線膨張係数が高い金属薄膜をここに用いることにより、発熱を効果的に変形に変換することができる。

### 【 0 0 3 3 】

(別実施例：コイル周りの絶縁膜と一体化)

図 7 は、上部樹脂膜 6 b を、コイル周りの絶縁膜と一体化した、本発明の別構造実施例である。本実施例の構造でも、第一の実施例と同様の効果が得られる。

### 【 0 0 3 4 】

(別実施例：ベースアルミナ膜上にヒータ)

図 1 1 は、環境温度上昇による突出が従来ヘッドと比べて悪化することを防ぎつつ、消費電力の低減を実現できる構造である。第一の実施例で示した薄膜抵抗体である加熱装置 4 が、基板 1 a の上に最初に形成されたベースアルミナ膜 5 b の上に形成され、次に絶縁層が形成され、次に再生素子 3 の下部シールドが形成されている。環境温度条件が厳しい携帯用のコンピュータ等に用いられる磁気ディスク装置では、本実施例の構造が適している。

### 【 0 0 3 5 】

浮上面 8 から加熱装置 4 までの距離は、 $10\ \mu\text{m}$ 以上 $50\ \mu\text{m}$ 以下とするのが適当である。その理由を以下に示す。第一に、浮上面 8 から加熱装置 4 までの距離が $10\ \mu\text{m}$ 未満であると、加熱装置 4 が $0.05\text{W}$ 発熱した場合に再生素子 3 の位置における温度上昇が $10^\circ\text{C}$ 以上となり、再生素子の寿命に及ぼす影響が無視できなくなる。第二に、浮上面 8 から加熱装置 4 までの距離が $50\ \mu\text{m}$ を超えると、再生素子位置における浮上変化量 $5\text{nm}$ を得るのに $0.05\text{W}$ 以上必要となり、携帯機器に用いられる磁気ディスク装置では無視できない消費電力となる。従って、同距離は $10\ \mu\text{m}$ 以上 $50\ \mu\text{m}$ 以下とするのが良い。

### 【 0 0 3 6 】

または、上記寸法は記録素子 3 中の磁気抵抗素子の寸法と比較して、60 倍以上 300 倍以下と言い換えることができる。

**【0037】**

なお、加熱装置4の層方向位置は、加工のしやすさからベースアルミナ膜5b上としたが、それ以外の層、例えば上部シールドと下部磁極の間にあっても同様の効果が得られる。

**【0038】**

(ヒータが素子&シールドの奥)

図13は、消費電力低減を主な目的とせず、再生素子の寿命と、環境温度上昇による突出が従来ヘッドと比べて悪化しないことを、より重要な目的とした場合のスライダ構造である。加熱装置4の位置を、浮上面8からみて再生素子3よりも奥にすることにより、再生素子への熱負荷を小さくできる。環境温度条件が厳しく、かつ長い再生素子寿命を要する磁気ディスク装置では、本実施例の構造が適している。なお、図では加熱装置4は上部シールドと同層に形成されているが、他の層でも効果は同様である。

**【0039】**

(浮上量調整方法)

次に、本発明の実施例による実際の浮上量調整方法を説明する。

浮上量調整手続きは、設計時、出荷前検査時、使用時の三段階に大きく分けられる。設計時は予想される最高の環境温度で、予想される最低の気圧で、連続ライトの時に、ばらつき下限のスライダのみがディスクと接触するように設計する。すなわち、浮上量調整を伴わない従来のスライダ設計と同様である。携帯機器用の磁気ディスク装置では環境温度の高低差が激しく、サーバ用の磁気ディスク装置では連続ライト時の磁極の発熱で熱突出が起こって浮上量が低下するのが激しいなど、用いられる機器によって設計条件が異なる。

**【0040】**

出荷前の検査時には、個々のスライダの浮上量を検査し、メモリに記憶する。浮上量の検査方法を具体的に図8に示す。浮上調整量は供給電力に比例するので、まず印加電力をゼロ状態にしておき、その後徐々に印加電力を増やして行って、スライダとディスクの接触を検知したら、その時の印加電力と、浮上調整量と供給電力の間の比例係数から、当該スライダの浮上量を計算するという方法であ

る。スライダとディスクの接触を検知する方法については後述する。なお、スライダ浮上量の個別ばらつきだけでなく、内外周差も同時にメモリに記憶すると更に浮上量調整の精度を上げることができる。

#### 【0041】

使用時は、基本的にはコンピュータなどのクライアント側からリードライト命令を受けた時、セレクトされたアクティブなヘッドのみに、当該スライダの浮上量に応じた電力を供給する。アイドル状態のヘッドには電力を供給しない。アクティブなヘッドに供給される電力量は、浮上調整量と供給電力の間の比例係数を用い、連続ライト時には減らし、高環境温度時には減らし、低環境温度時には増やす。

#### 【0042】

(最も簡単な基本的調整アルゴリズム)

最も基本的な制御アルゴリズムを図9に示す。

気圧や温度を測るセンサを別途設ける方法もあるが、気圧、温度、個体差など全ての影響が入った状態で、接触が起こる(近すぎる)ことなく、かつ磁気情報の再生にエラーが起こる(遠すぎる)こともない、という2つの条件が満足されれば問題ないため、接触や再生エラーを監視してそれらが起こった時だけ加熱装置への入力電力を調整するフィードバック制御をするのが最も簡単な制御方法である。なお、ロードによる衝撃で素子が傷つくのを防ぐため、スライダをディスクにロードする時、特に装置起動時は、加熱装置に通電せず浮上量を高くしておくのが有効である。接触の検知方法については後述する。

#### 【0043】

なお、気圧差起因の浮上量変動およびヘッド個体差による浮上量変動を補償する方法については図示したように起動時のみでよいが、温度差起因の浮上量変動に関しては、規定の時間間隔毎に、あるいは使用中常に、接触および再生エラーを監視する必要がある。したがって、使用時の温度差変動が大きい機器に使用される磁気ディスク装置の場合は規定の時間間隔毎にあるいは使用中常に浮上量変動を補償すると有効である。

#### 【0044】

環境温度情報は装置に付属の温度センサから得ることもでき、そうすればより精度の高い浮上量調整が可能である。

#### 【0045】

(接触検知方法)

接触を検知する方法は、(1) アコースティックエミッション (AE) センサを用いる方法、(2) 接触発熱によって再生信号に表れるノイズであるサーマルアスペリティを監視する方法、(3) 接触摩擦力によってスライダがピボット回りに微小回転しオフトラックが起こるオフトラック信号 (ポジションエラーシグナル) を監視する方法、などがある。

#### 【0046】

一方、磁気情報の再生エラーについてはいわゆるビットエラーレートを監視すればよい。再生エラーと違って記録エラーは監視するのが難しいが、記録時は記録素子のコイル発熱によって素子部が膨張して再生時より浮上量が低いのが一般的であるため、再生エラーが起こらない条件ならば記録エラーが起こる可能性も低い。

#### 【0047】

また、浮上量調整に関わる別の方法としては、再生信号の振幅を用いて再生素子と媒体間の距離をその場観測する方法があり、これを応用することもできる。

#### 【0048】

(システム構成)

図10に、本発明による浮上量調整機能を備えた磁気ディスク装置の、システム構成を示す。

#### 【0049】

(端子、配線の順番)

加熱装置用の端子は以下に述べる理由により、スライダの両端にあるのが望ましい。加熱装置用および記録再生素子用の合計6個の端子から、サスペンションジンバル上の配線パッドにボンディングされ、3本ずつの配線にわかれてジンバルの腕2本の上を通り、再び6本に合流し、サスペンションの根元まで配線が引き回される際に、スライダ両端の配線が結果的にサスペンション上で中央に来る

。現在 4 本配線のところに 6 本通そうとすると配線間隔を小さくせざるを得ないが、記録電流と再生電流が隣り合って流れると互いにノイズを発生する可能性がある。記録電流 2 配線と再生電流 2 配線を隔てる中央 2 配線を加熱装置用の直流電流が流れれば、ノイズが発生する可能性を小さくすることができる

【0050】

【発明の効果】

本発明によれば、加熱装置（又は発熱部）を、浮上面（磁気ディスクと対向する面）側からみて、その端部が記録／再生素子の浮上面側端部よりも奥側に位置するようにしたので、再生素子に与える熱負荷を小さくすることができる。また、剛性の小さい膜或いは層で加熱装置（又は発熱部）および記録再生素子の周囲を囲んで、周囲の材料が変形に抵抗する力を遮断する構造によって、再生素子の温度を上げることなく、単位電力あたりの記録再生素子部の突出量を増やすことができる。これにより、再生素子の寿命に影響せずに、要する消費電力を小さくできる。その結果、ヘッド個体毎に、または使用環境に応じて浮上量を調整することによって浮上量マージンを廃することができ、スライダとディスクの接触は防ぎつつ記録再生素子の浮上量を大幅に縮め、磁気ディスク面記録密度の増大、更には装置の大容量化あるいは小型化に寄与する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の磁気ヘッドスライダを搭載する磁気ディスク装置。

【図 2】 本発明の実施例のスライダ斜視図。

【図 3】 本発明の実施例のスライダ中心断面拡大図。

【図 4】 図 3 の X-X 断面図。

【図 5】 浮上面変形シミュレーション結果図。

【図 6】 本発明の別実施例のスライダ中心断面拡大図。

【図 7】 本発明の別実施例のスライダ中心断面拡大図。

【図 8】 浮上量検査方法を示すフロー図。

【図 9】 浮上量調整方法を表すフロー図。

【図 10】 本発明の磁気ディスク装置のシステム構成図。

【図 11】 本発明の別実施例のスライダ中心断面拡大図。

【図 12】 図 3 の Z-Z 断面図。

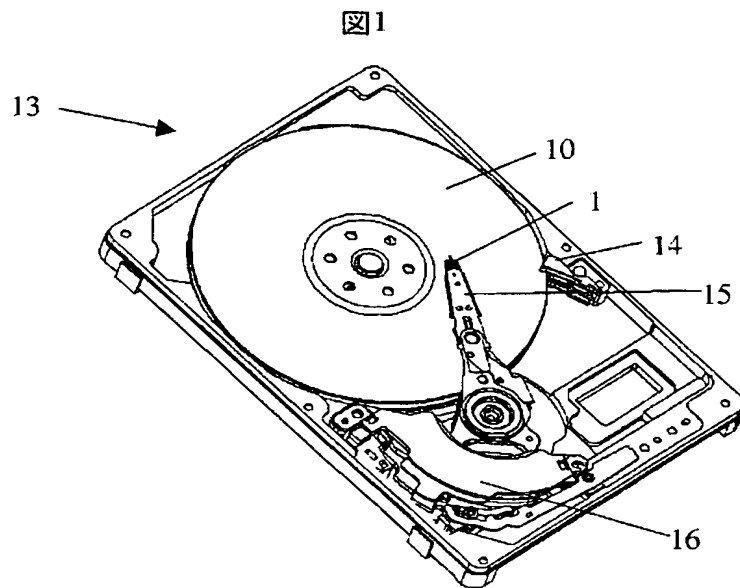
【図 13】 本発明の別実施例のスライダ中心断面拡大図。

【符号の説明】

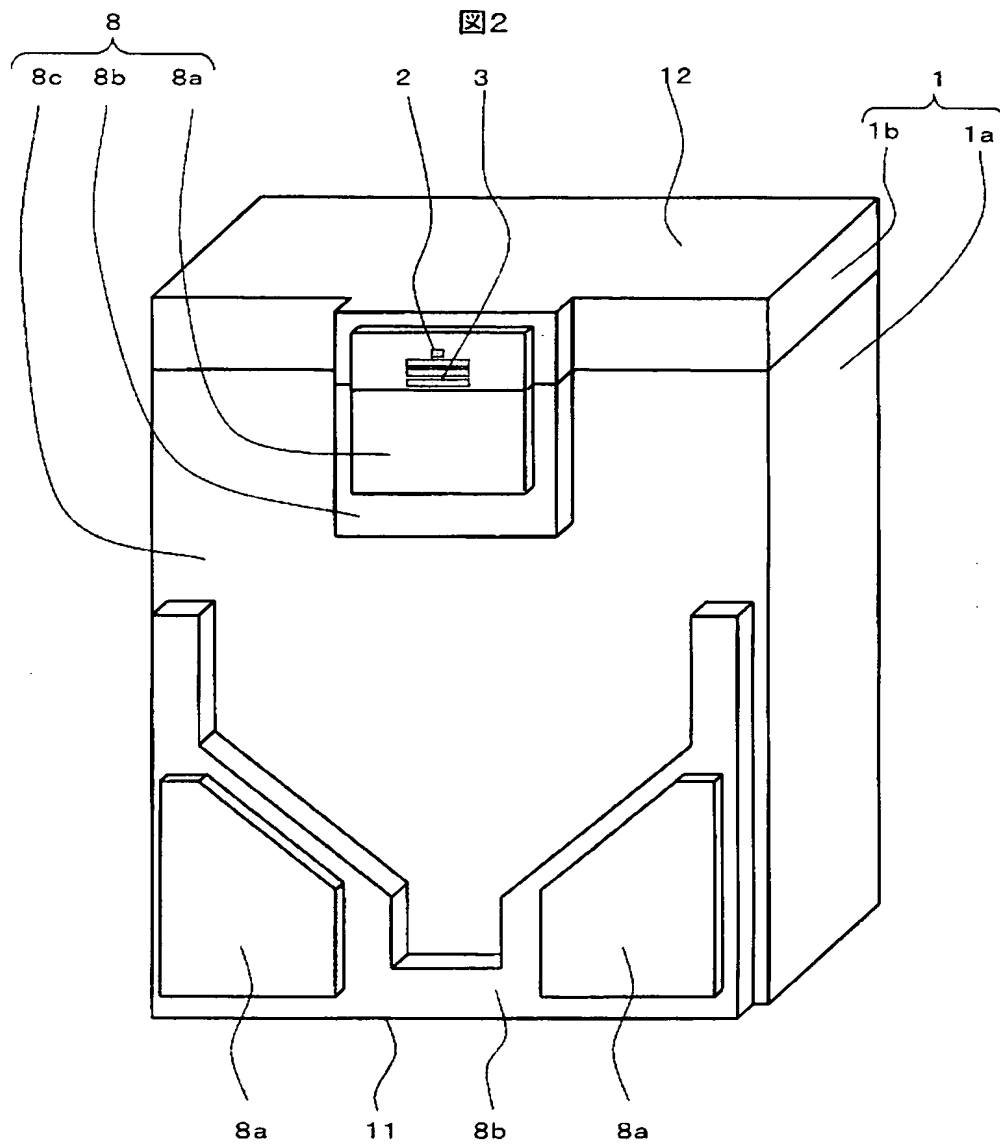
1…磁気ヘッドスライダ、1 a…スライダ基板部分、1 b…スライダ薄膜ヘッド部分、2…記録素子、3…再生素子、4…加熱装置、5…保護膜、6…樹脂膜、6 a…下部樹脂膜、6 b…上部樹脂膜、6 c…側部樹脂膜、7…膨張体、8…浮上面、8 a…レール面、8 b…浅溝面、8 c…深溝面、10…磁気ディスク、11…空気流入端面、12…空気流出端面、13…磁気ディスク装置、14…ランプ、15…ロードビーム、16…ボイスコイルモータ、17…ディスク回転方向、18…配線パッド投影、S1…非加熱時の浮上面形状、S2…加熱時の浮上面形状、C1…樹脂膜が無い場合、C2…樹脂膜と浮上面の距離が $3.5\mu\text{m}$ の場合、C3…樹脂膜と浮上面の距離が $0.7\mu\text{m}$ の場合。

【書類名】 図面

【図 1】



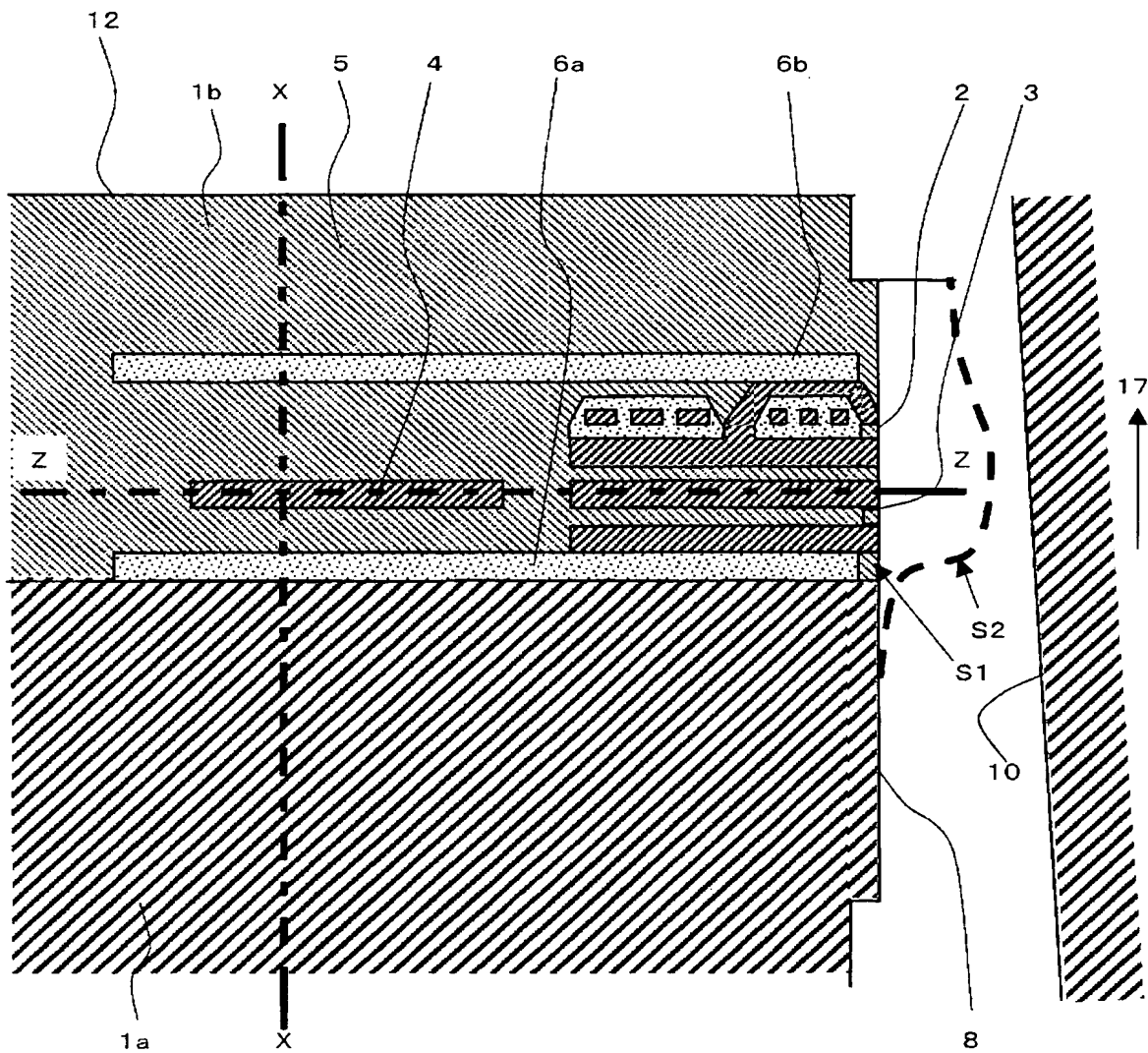
【図 2】





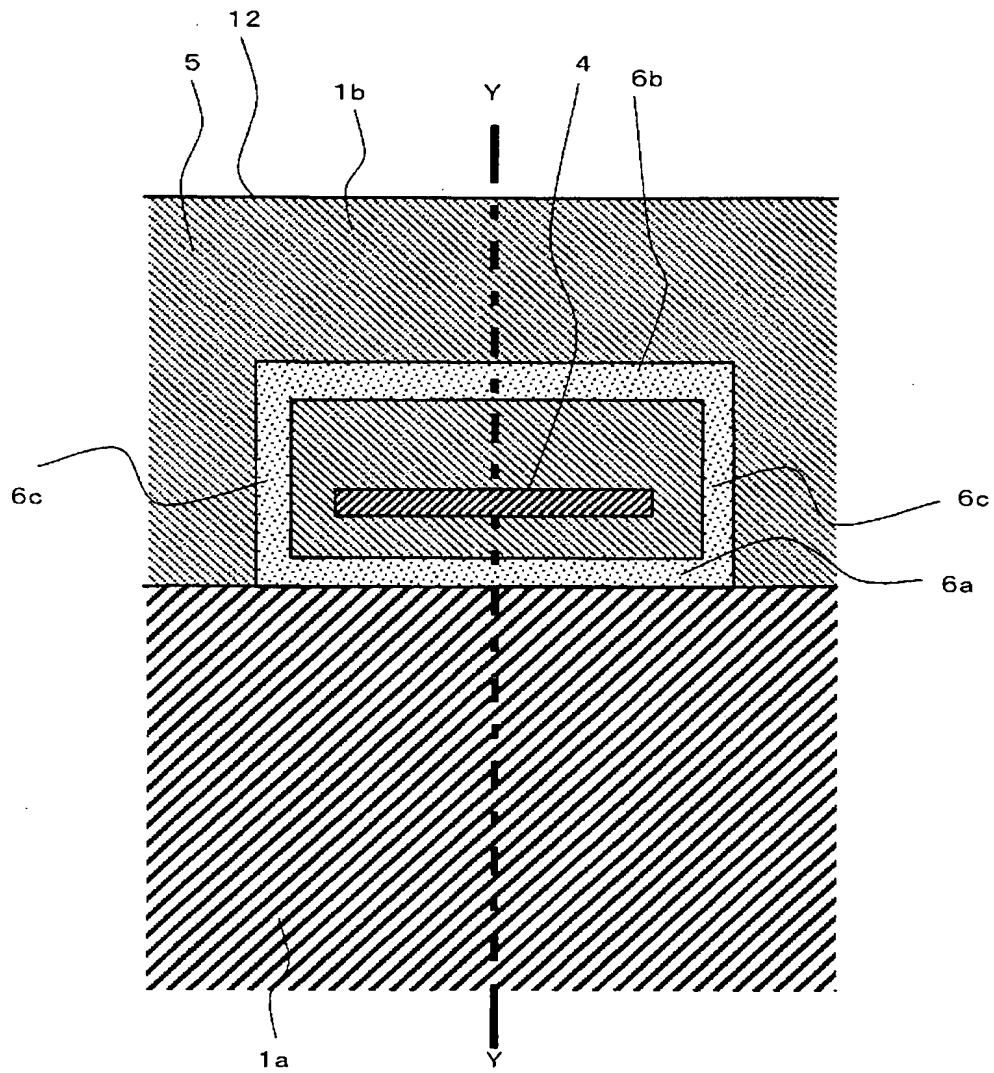
【図 3】

图3



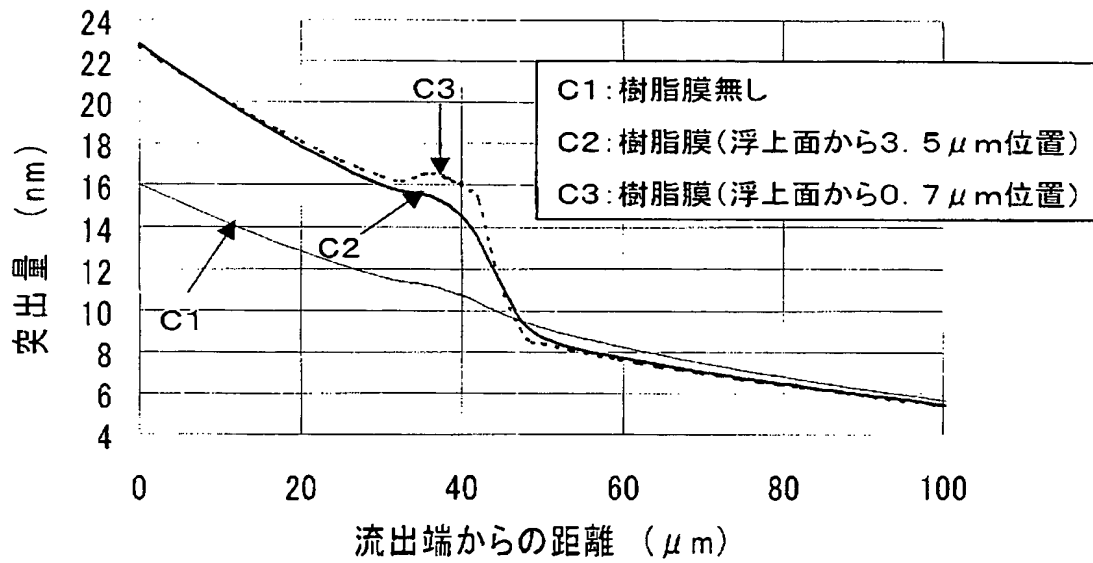
【図 4】

図 4



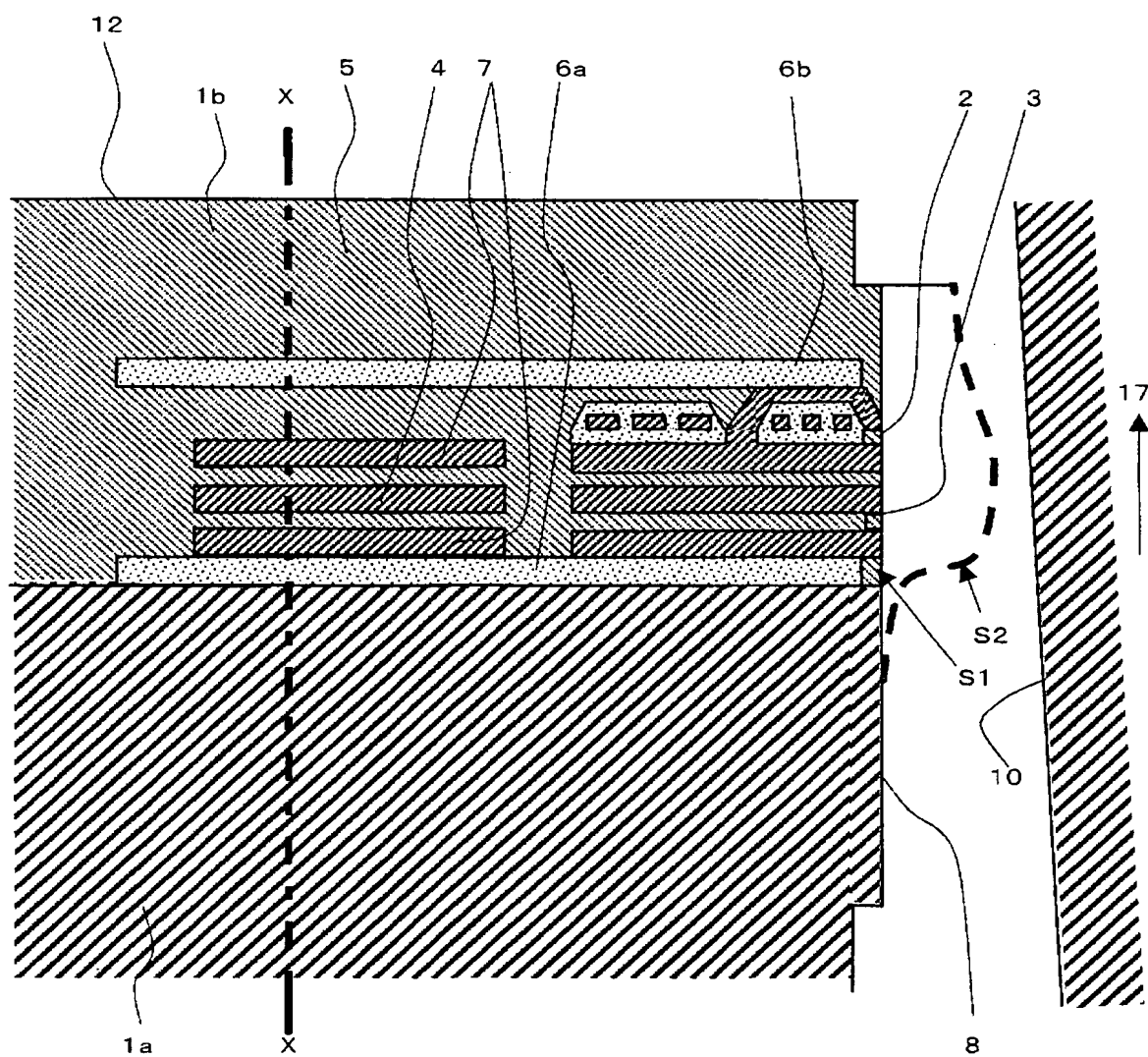
【図 5】

図5



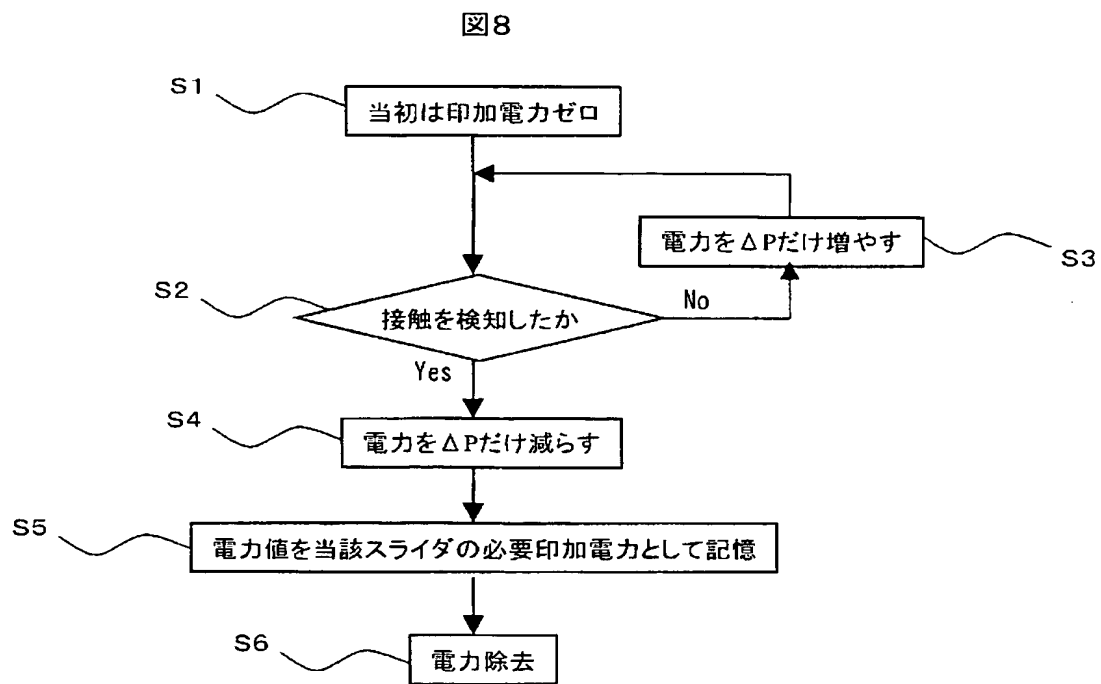
【図 6】

図6



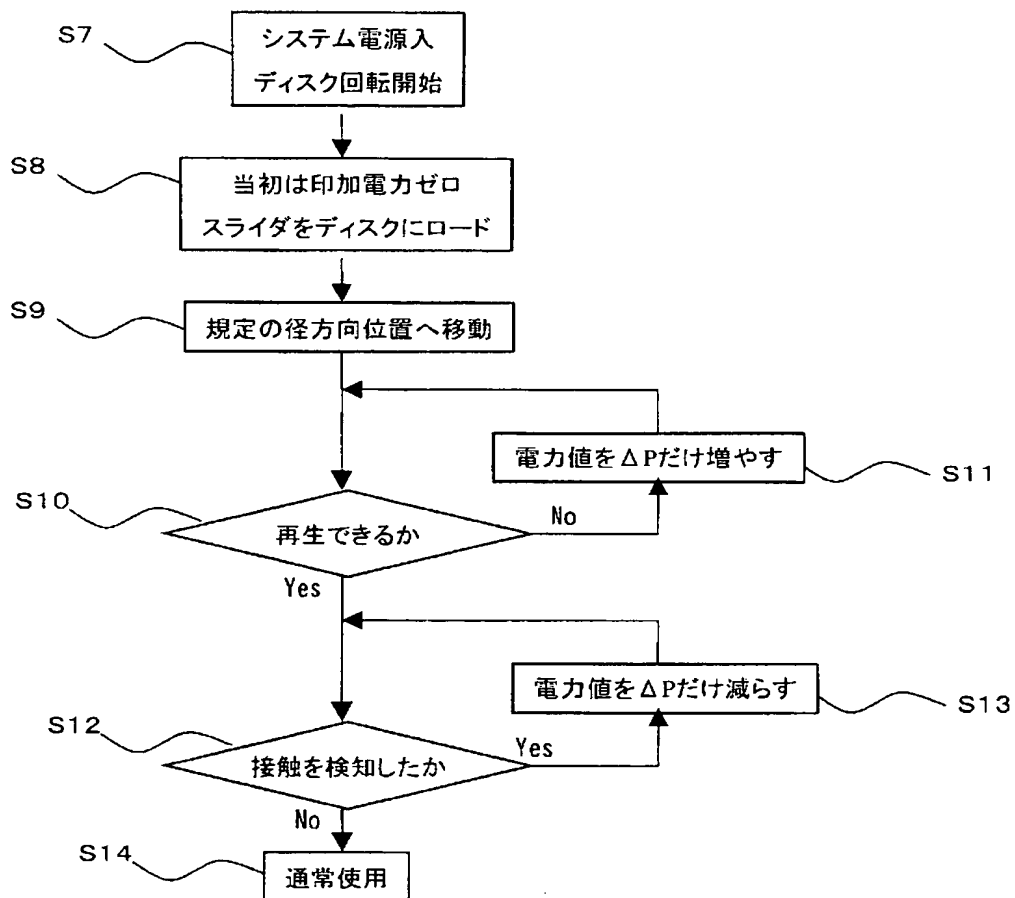


【図 8】



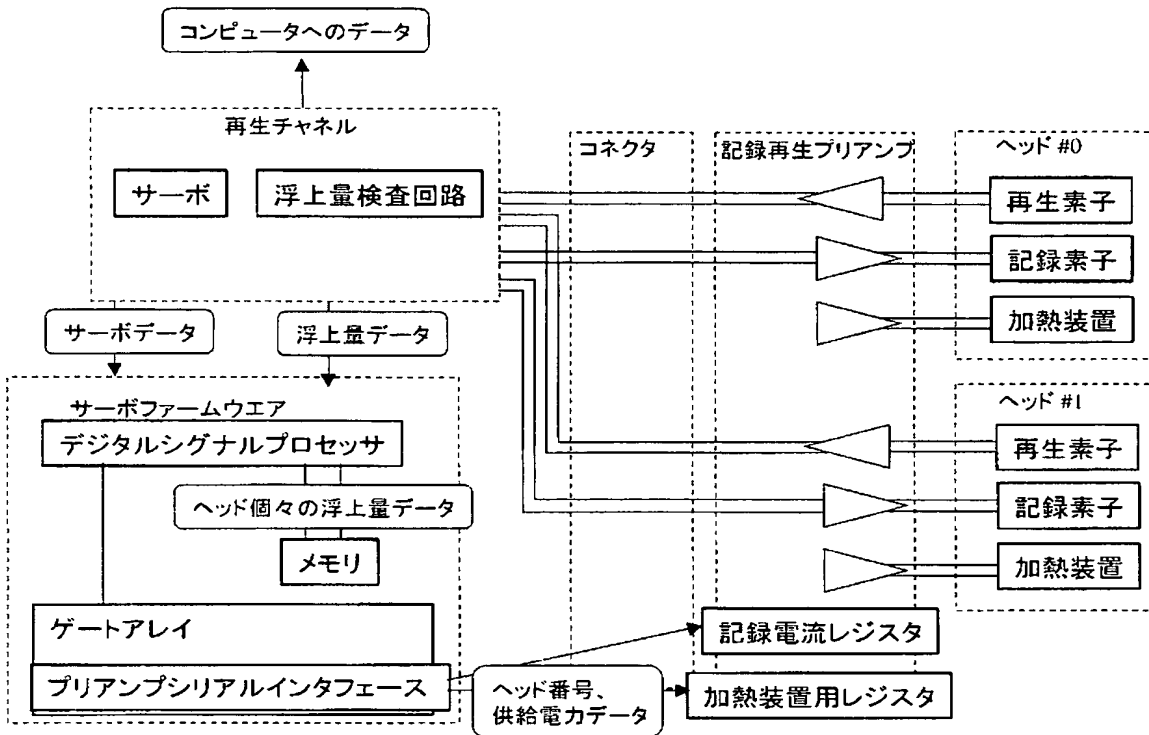
【図 9】

図9



【図 10】

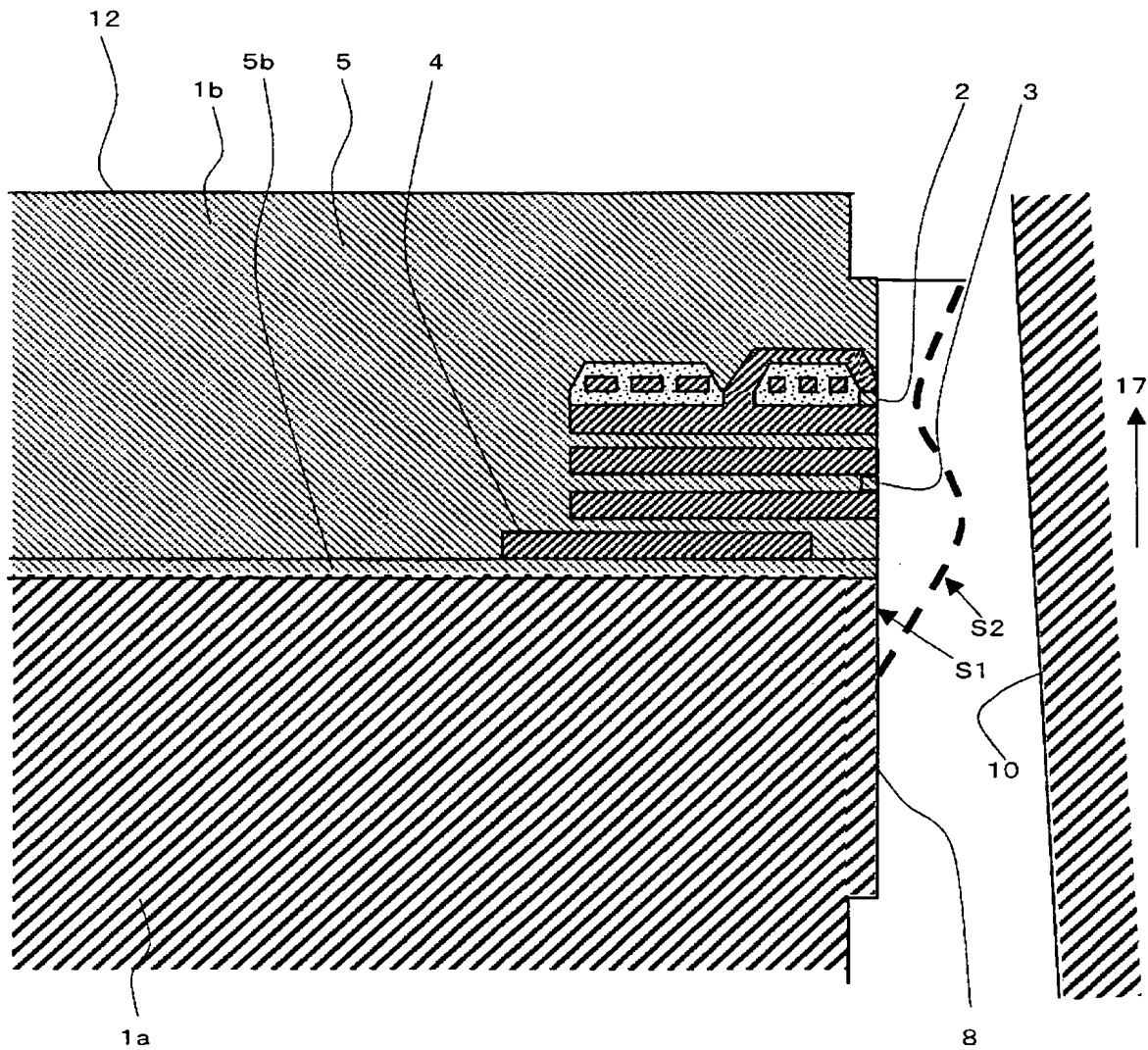
図 10





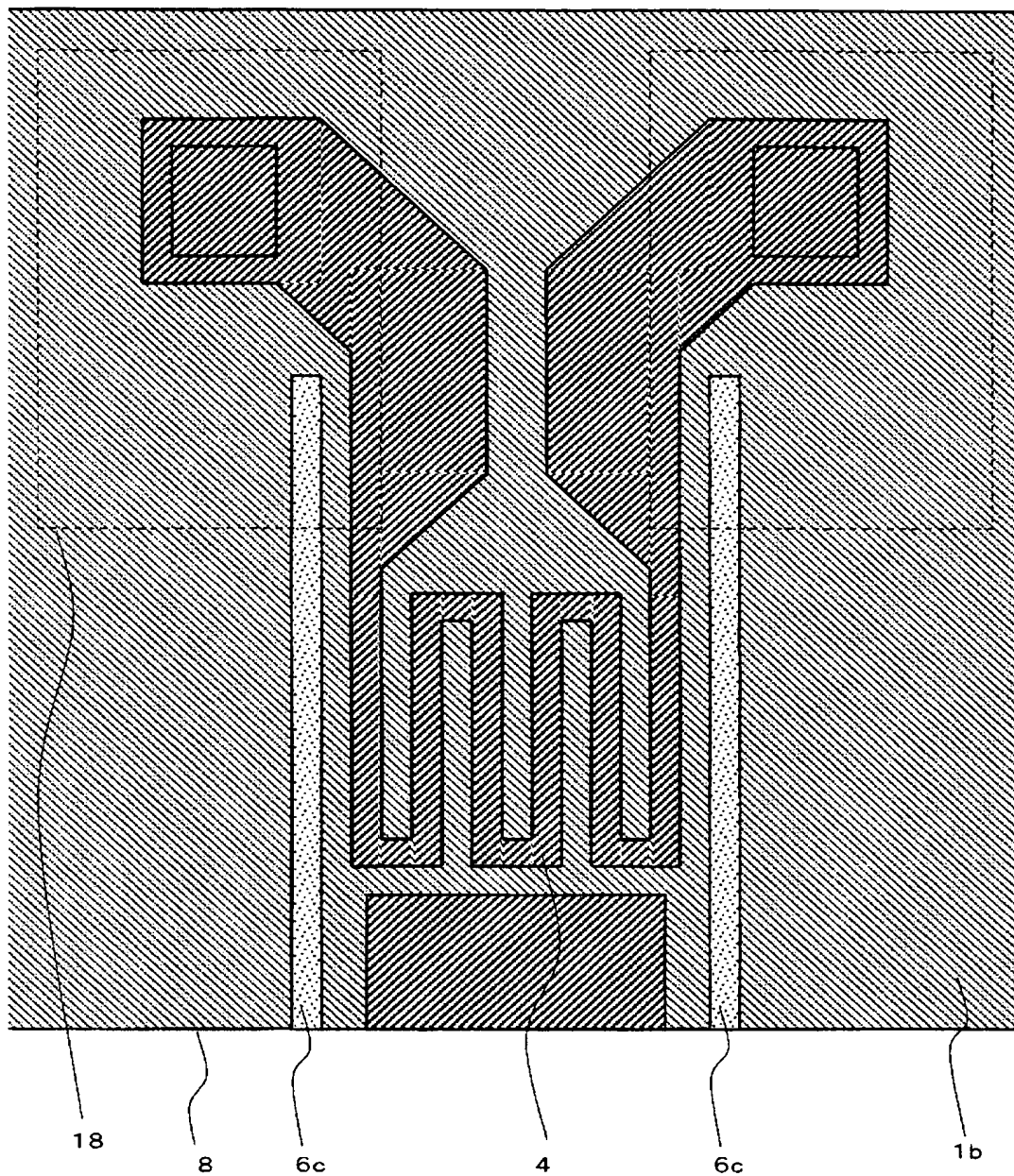
【図 11】

図 11



【図 12】

図12





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

熱膨張式浮上量調整スライダには、消費電力を小さくし、再生素子への熱負荷を小さくしなければならないという課題がある。

【解決手段】

加熱装置 4 を記録再生素子 2、3 の先端部から離して配置する。また加熱装置 4 および記録再生素子 2、3 の近傍だけを突出変形させるために、剛性の小さい樹脂膜 6 で加熱装置 4 および記録再生素子 2、3 の周囲を囲んで、周囲の材料が変形に抵抗する力を遮断する構造によって、再生素子 3 の温度を上げることなく、単位電力あたりの記録再生素子 2、3 の突出量を増やす。

【選択図】 図 3

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 2 0 5 2 3 5
受付番号	5 0 3 0 1 2 7 7 6 7 5
書類名	特許願
担当官	金井 邦仁 3 0 7 2
作成日	平成 1 5 年 9 月 8 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成 15 年 8 月 1 日

特願 2 0 0 3 - 2 0 5 2 3 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 5 0 3 1 3 6 0 0 4 ]

1. 変更年月日

2 0 0 3 年 4 月 1 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地

氏 名

株式会社日立グローバルストレージテクノロジーズ